

BIOREMEDIASI LAHAN TERCEMAR MINYAK BUMI SECARA KOMBINASI *INSITU LAGOONING- COMPOSTING* DENGAN BAKTERI *MICRO MORR E-3360*

¹⁾ Edison Effendy, ²⁾ Rudy Laksmono, ³⁾ Hery Budianto

¹⁾ The Edison Foundation – Jakarta

²⁾ Jurusan Teknik Lingkungan, U P N “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

³⁾ Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta

E-mail : rlwidyatno@yahoo.com

Abstrak

Untuk menanggulangi pencemaran dan pemulihan kondisi tanah dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain fisika, kimia dan biologi. Pada saat ini proses pemulihan kondisi tanah yang paling diminati yaitu dengan cara biologi, karena proses ini lebih aman serta hasil akhirnya lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan cara fisika dan kimia. Adapun cara biologi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah teknik bioremediasi. Bioremediasi adalah proses pengolahan limbah dan pencemaran lingkungan dengan menggunakan bakteri atau mikroorganisme. Pengolahan tumpahan minyak bumi ke lahan yang dilakukan teknik bioremediasi secara kombinasi *insitu lagooning* dan *composting* dapat menurunkan konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) dari 10% menjadi 0.01% dalam waktu 77 hari. Pada proses ini menggunakan bakteri *Micro Morr E-3360* dengan menambahkan serbuk gergaji sebagai *bulking agent*

Kata kunci : bioremediasi, *insitu lagooning-composting*, *micro morr E-3360*

Abstract

The blow out from drilling well can generate liquid waste and also oil sludge in site surrounding. that's containing phenol, oil, ammonium, heavy metals and other complex organic chemicals.

Bioremediation is the process of cleaning up contaminated site using microbial process. Sites that usually contaminated and then bioremediated are soil and ground water. Initial concentration of TPH (Total Petroleum Hydrocarbon) is 10%, Stratification sampling from top soil, 50 cm and 100 cm followed by TPH concentration analysis. A Stratification sampling from top soil, 50 cm and 100 cm followed by TPH concentration analysis

After bioremediation processing using *Micro Morr E-3360* microorganism that the result is 0,01% TPH for 77 days duration

Key words : bioremediation, *insitu lagooning-composting*, *micro morr E-3360*

PENDAHULUAN

Terjadinya semburan liar (*blow-out*) yang dikeluarkan dari sumber minyak menimbulkan pencemaran lingkungan di sekitar lokasi. Secara umum kontaminasi minyak tersebut mengganggu dan dapat merusak lingkungan serta menurunkan estetika. Lebih dari itu tanah yang terkontaminasi limbah minyak dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Oleh karena itu perlu dilakukan pengelolaan dan pengolahan tanah yang tercemar oleh limbah minyak hal ini

dilakukan untuk mencegah penyebaran dan penyerapan minyak kedalam tanah lebih jauh. Selanjutnya tanah yang tercemar oleh limbah minyak tersebut diolah secara biologi yang disebut bioremediasi. Faktor yang penting dalam proses bioremediasi adalah mengetahui karakterisasi lokasi yang terkontaminasi. Pengetahuan dari jenis dan konsentrasi minyak bumi serta luas sebaran dari tanah yang terkontaminasi merupakan data yang penting untuk melakukan bioremediasi. Untuk

melaksanakan bioremediasi tersebut digunakan mikroorganisme jenis *Micro Mor E-3360*.

Fungsi dari mikroorganisme ini dapat mendegradasi struktur hidrokarbon yang ada dalam minyak bumi menjadi mineral-mineral yang lebih sederhana serta tidak membahayakan terhadap lingkungan.

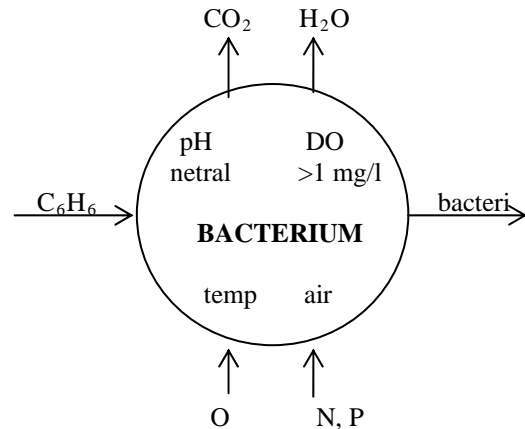
TINJAUAN PUSTAKA

Konsep bioremediasi dikembangkan pada abad 19 yang diawali dari pengelolaan dan pengolahan limbah industri dan perkotaan serta limbah padat. Bioremediasi telah berhasil dilaksanakan untuk mengolah tanah yang terkontaminasi petroleum hidrokarbon pada 30 tahun terakhir ini (Ryan et al, 1991). Bahkan akhir-akhir ini bioremediasi menjadi suatu proses yang sangat populer di lapangan untuk mengelola limbah berbahaya. Senyawa-senyawa lain yang sering digunakan dalam proses bioremediasi adalah untuk menghilangkan kontaminan pelarut seperti : 1) acetone dan alkohol; 2) aromatic seperti benzen, toluen, ethyl benzen dan xylene yang secara umum dikenal sebagai BTEX, disamping itu juga Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs) dan Chlorobenzene; 3) Nitro dan Chlorophenol; dan pestisida (Skladany, 1992).

Bioremediasi Tanah

Bioremediasi terhadap tanah yang terkontaminasi dapat dilakukan dengan dua cara. Cara yang pertama adalah yang dinamakan **in-situ** atau material dapat digali serta diolah di tempat daerah pencemaran. Untuk proses **ek-situ** adalah proses bioremediasi dengan memindahkan tanah yang terkontaminasi ke lokasi di lahan yang tidak tercemar.

Untuk uraian reaksi biokimia dapat dilihat pada Gambar 1. Bakteri membutuhkan terminal elektron aseptor (dalam hal ini oksigen), sedangkan nutrisi dalam jumlah yang minor biasanya ditemukan dalam tanah. Disisi lain, kondisi lingkungan sekitar harus kondusif untuk pertumbuhan mikroorganisme pendegradasi benzene (pH dan temperatur yang cocok). Sebagai hasil daripada biodegradasi benzene adalah CO_2 , H_2O dan bakteri baru.

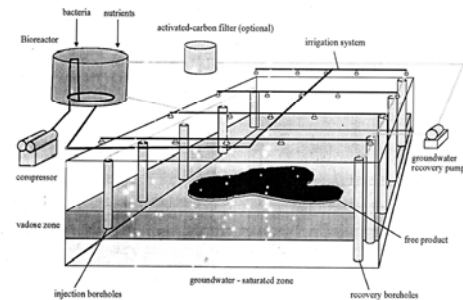


Gambar 1 : Proses biokimia

Teknik Bioremediasi In-situ

Bioremediasi tanah terkontaminasi dengan teknik in-situ yaitu suatu pengolahan dilokasi lahan terkontaminasi (Gambar 2). Dalam operasi dibutuhkan transfer oksigen, dan nutrisi ke dalam tanah. Pada beberapa kasus teknik ini mempunyai beberapa keuntungan antara lain :

- Tidak menimbulkan gangguan pencemaran terhadap area sekitar yang tidak terkontaminasi, sebab pelaksanaan proses bioremediasi dilakukan di tempat.
- Mengurangi biaya, khususnya transportasi tanah dan penaggalian tanah.



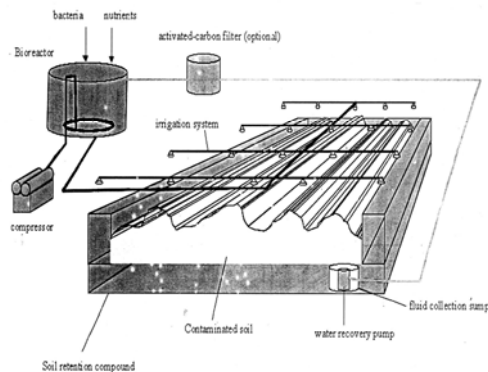
Gambar 2 : Teknik bioremediasi In-situ

Teknik in-situ memerlukan tingkat kecermatan, karena jangan sampai terjadi proses perembesan pencemar ke daerah lain melalui air tanah. Untuk mengatasi hal ini dibuat sumur pantau yang cukup. Dengan adanya sumur pantau ini akan mengetahui secara dini kemungkinan terjadinya perembesan pencemaran.

Teknik Bioremediasi Ek-situ

Kebalikan dari proses in-situ adalah bioremediasi secara ek-situ. Tanah yang terkontaminasi digali sampai kedalaman tertentu, kemudian dipindahkan ke tempat lain (Gambar 3). Akibat dari penggalian dan pengangkutan, maka teknik ini memerlukan

biaya yang lebih besar daripada secara in-situ, karena sifatnya yang ek-situ maka jenis pengolahan yang dilakukan lebih luas. Tanah yang terkontaminasi dapat di olah dalam bentuk padat (solid), lumpur (*sludge*) bahkan mungkin cairan (*liquid*). Pengolahan bioremediasi secara ek-situ dapat berupa landfarming, composting atau kombinasi keduanya.



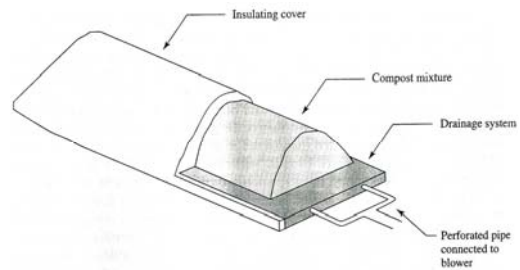
Gambar 3 : Teknik bioremediasi Ek-situ

A. Landfarming

Pada umumnya tanah yang terkontaminasi digali terlebih dahulu dan kemudian di treatment di tempat untuk mengatasi terjadinya migrasi polutan ke tempat lain, maka konstruksi dilengkapi dengan penahan lindi (*leaching barriers*). Bahan penahan migrasi lindi biasanya tanah lempung yang dipadatkan (*compacted clay*) atau plastik. Apabila tanah yang terkontaminasi cukup dekat dengan permukaan atmosfer, maka penggalian tidak diperlukan dan treatment lebih efektif.

B. Composting

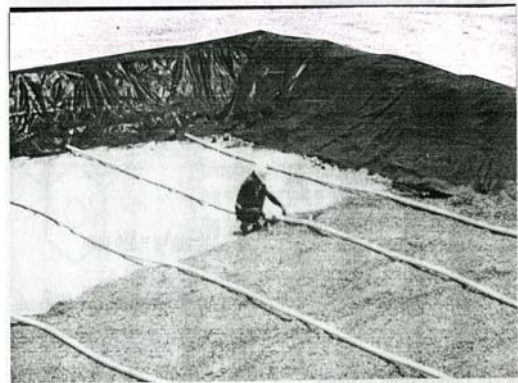
Proses bioremediasi dengan system composting adalah dengan cara menambahkan *bulking agent organic* pada tanah yang terkontaminasi, seperti kotoran ayam (*chicken manure*), kemudian dibentuk pile atau windrow. *Bulking agent* berfungsi untuk memperbesar porositas tanah yang berfungsi sebagai aliran udara masuk, serta energi yang dikeluarkan selama terjadi degradasi organik. Air ditambahkan dengan cara disemprotkan (*spray*) secara periodic. Kemudian pile atau windrow diaduk secara mekanik setiap interval satu minggu. Apabila bentuknya static pile adalah merupakan system composting dengan bulking agen, nutrient dan air ditambahkan. Akan tetapi *static pile* tidak diaduk dan biasanya temperaturnya mendekati temperature ambient.



Gambar 4 : Bioremediasi sistim composting static pile

C Biopile

Proses bioremediasi menggunakan sistim biopile yaitu material yang terkontaminasi dikomposkan, bagian bawah dari konstruksi ini dipasang liner plastic HDPE (atau dapat digunakan tanah liat permeabilitas tinggi). Selanjutnya diatas liner dipasang beberapa ruas pipa yang berlubang dan dihubungkan dengan blower atau pompa vacuum (ditunjukkan pada Gambar 5). Aerasi pada sistim biopile ini dapat diperoleh dari model positif (aerasi langsung) tau model negative (*vacuum*). Aerasi sistem vacuum akan lebih baik karena emisi zat-zat yang mudah menguap dapat diminimalkan serta gas yang keluar dapat diolah tersendiri menggunakan biofilter atau oksidasi katalitik.



Gambar 5 : Bioremediasi sistim biopile

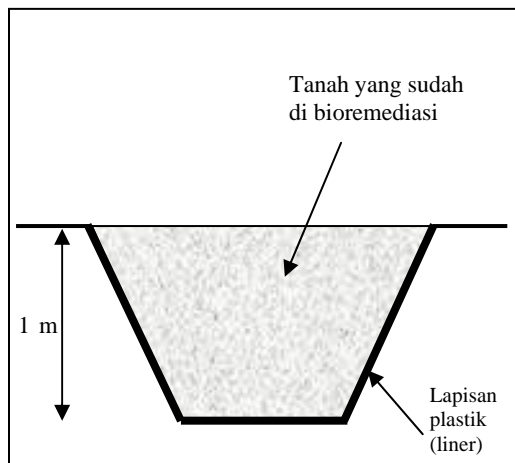
METODE PENELITIAN

Teknik bioremediasi yang diaplikasikan disini nantinya adalah kombinasi "*In situ lagooning dan Composting*".

Langkah-langkah pelaksanaan bioremediasi.

- Tanah tercemar digali sedalam yang ditentukan (± 1 m), kemudian tanah tersebut dipindahkan ke lokasi terdekat
- Galian tanah tersebut kemudian diratakan, dan dilapisi (*lining*) dengan bahan kedap air (plastik jenis HDPE);
- Tanah tercemar yang dipindahkan kemudian dicampur dengan kompos, mikroorganisme,

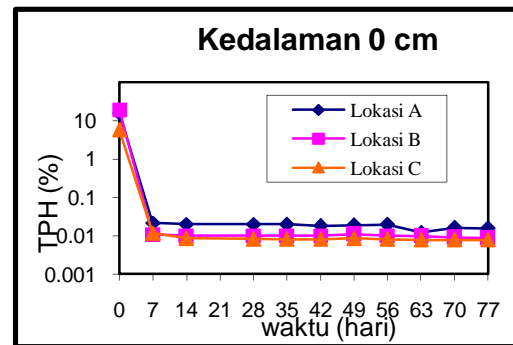
- nutrisi dan air dengan jumlah sesuai konsentrasi TPH;
- Tanah yang sudah di “*treatment*” kemudian dikembalikan ke lokasi yang digali, kemudian dilakukan pengadukan;
 - Monitoring dilakukan dengan mengambil cuplikan setiap 7 hari sekali dengan metode lateral vertikal;
 - Proses bioremediasi berakhir bila hasil monitoring konsentrasi TPH < 1%;
 - Setelah proses bioremediasi selesai, lining dipindahkan ke tempat lain yang akan dilakukan bioremediasi;
 - Tanah yang telah dibioremediasi dengan konsentrasi TPH < 1% kemudian dilakukan penanaman kembali (revegetasi).



Gambar 7 : Proses bioremediasi

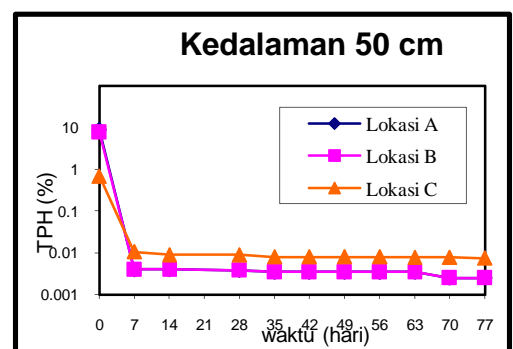
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan dilakukan untuk mengetahui kinerja mikroorganisme dalam proses bioremediasi. Pengambilan sample tanah secara periodik dilakukan setiap interval 7 hari sekali. Selain itu dilakukan juga pengambilan sample air di lokasi sumur pantau. Kedua jenis sample tersebut kemudian dianalisis di laboratorium untuk dilihat parameter TPH, BTEX dan TCLP. Hasil pemantauan selama proses bioremediasi berlangsung diuraikan seperti di bawah ini.



Gambar 8 : Penurunan konsentrasi TPH di lokasi A, B, dan C pada bagian permukaan

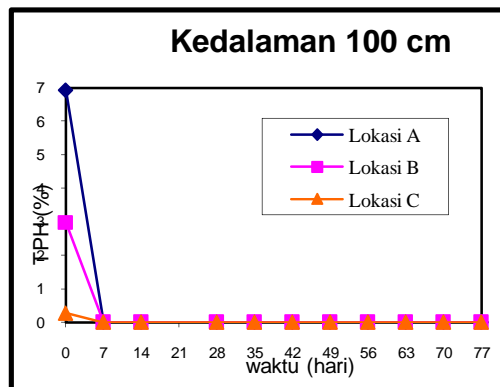
Dari gambar 8 diatas menunjukkan penurunan kadar minyak yang diwakili Total Petroleum Hydrocarbon (TPH). Di lokasi A, B, dan C. Hari pertama saat ditambahkan mikroorganisme dan kompos (konsentrasi TPH $\pm 10\%$) kemudian mikroorganisme nampak aktif mendegradasi minyak dengan cepat hingga hari ke-7 (konsentrasi TPH sudah di bawah 1%). Kondisi ini menunjukkan kemampuan mikroorganisme *Micro Morr E-3360* dalam mendegradasi minyak. Pada minggu pertama, mikroorganisme memanfaatkan senyawa yang memiliki rantai lurus sebagai sumber substrat. Namun setelah hari ke-14 hingga hari ke-77 tidak menunjukkan penurunan yang signifikan, bahkan cenderung datar seperti terlihat pada Gambar grafik. Pada fase ini tinggal fraksi hidrokarbon yang sulit di degradasi oleh mikroorganisme atau senyawa yang memiliki rantai bercabang, dan senyawa lain yang tidak jenuh. Demikian halnya untuk penurunan konsentrasi TPH seperti yang ditunjukkan pada lokasi A,B, dan C dengan kedalaman 50 cm, menunjukkan kecenderungan yang sama di setiap lokasi, walaupun pada saat awal konsentrasi TPH sebagai pencemar berbeda-beda.



Gambar 9 : Penurunan konsentrasi TPH di lokasi A, B, dan C kedalaman 50 cm

Pengukuran konsentrasi TPH juga dilakukan pada setiap lokasi A sampai dengan H pada

kedalaman 100 cm. Hasil dari pengukuran TPH pada kedalaman 100 cm menunjukkan penurunan yang signifikan selama kurun waktu proses bioremediasi. Secara keseluruhan dapat diuraikan bahwa konsentrasi penurunan TPH selama proses bioremediasi di seluruh lokasi menunjukkan penurunan yang signifikan dari konsentrasi TPH 10% hingga konsentrasi TPH di bawah 1%.



Gambar 10 : Penurunan konsentrasi minyak di lokasi A, B, dan C pada kedalaman 100 cm

KESIMPULAN

1. Limbah minyak bumi yang mencemari tanah dapat di treatment dengan cara bioremediasi
2. Bioremediasi dengan sistem kombinasi insitu lagooning dan komposting mampu menurunkan konsentrasi TPH hingga kurang dari 1% dari konsentrasi awal 10%
3. Waktu bioremediasi yang paling cepat adalah 7 hari, namun setelah itu penurunannya sangat lambat karena sisa dari komponen kimia yang susah diuraikan oleh mikroorganisme
4. Mikroorganisme jenis *MICRO MORR E-3360* mampu mendegradasi minyak yang terukur sebagai TPH sebesar 99% lebih

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim., Tata Cara Pengolahan Limbah Minyak Bumi dan Terkontaminasi oleh Minyak Bumi. Lampiran KEP MEN LH No 128. 2003.
- Baker, K.H dan D.S, Herson. 1994. *Bioremediation*. Mc Graw – Hill , New York.
- Cookson, J.T. 1995. *Bioremediation engineering Design and Application*. Mc Graw – Hill ,New york.
- Eweis, Ergas, Chans and Schroeder.1998. *Bioremediation principles*. Mc Graw – Hill , New York.
- Yulaikah, L. 2007. Bioremediasi Lahan Tercemar Hidrokarbon Minyak Bumi Secara Biopile. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – UPN “VETERAN” JATIM. Surabaya.